

**“Zur Frage der Todeszeitbestimmung
aus der Abkühlung von Leichen”**

Gertrud Almeida

1973

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität
München

Vorstand: Prof. Dr. med. W. Spann

"Zur Frage der Todeszeitbestimmung
aus der Abkühlung von Leichen"

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten
Medizin

verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig Maximilian-Universität zu München

vorgelegt von

Gertrud Almeida, geb. Streitwieser
.....

aus

München
.....

1973
.....

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. E. Liebhardt

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. W. Spann

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen

Prüfung: 20. Dezember 1973



INHALTSVERZEICHNIS

I. Einleitung

II. Methodik Y. Linsenhoff

III. Eigene Auswertmethode

A. Ermittlung der von Fiddes und Patten definierten virtuellen Abkühlzeit

- a) Einfluß des Radius' auf die virtuelle Abkühlzeit
- b) Einfluß der Umgebungstemperatur auf die virtuelle Abkühlzeit

B. Untersuchung darüber, ab welcher Zeit und ab welcher relativen Abkühlung die Abkühlkurve hinreichend genau durch die Grundwelle beschrieben wird.

C. Abkühlrate unbekleideter Leichen bei konstanten Umweltbedingungen

- a) Einfluß des Radius' auf die Abkühlrate
- b) Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Abkühlrate

D. Lag period unbekleideter Leichen bei konstanten Umweltbedingungen

- a) Einfluß des Radius auf die Lag period
- b) Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Lag period

E. "Stochastische" Beziehung zwischen der Lag period und der Abkühlrate

F. Verfahren zur Bestimmung einer oberen Grenze für die Lag period

IV. Folgerungen für die Praxis

V. Zusammenfassung

Literaturverzeichnis
Lebenslauf

I. EINLEITUNG

Zu den Aufgaben des Gerichtsmediziners gehört es, den unbekannten Todeszeitpunkt einer Leiche zu ermitteln, sei es im Fall von Mord und Totschlag, um durch eine möglichst genaue Zeitangabe den in Frage kommenden Personenkreis bestimmen zu können, oder aus anderen Gründen bei Unfällen, Selbstmord, usw.

Auf den ersten Blick kann eine Vorstellung über die Zeit, die seit dem Einsetzen des Todes verstrichen ist, durch die Beobachtung der Totenflecken und Todesstarre gewonnen werden. Allerdings kann auf diese Weise keine genaue Todeszeitbestimmung gemacht werden, da das Auftreten und Verschwinden der Todesstarre und der Totenflecke sehr großen Streuungen unterworfen ist und sehr von dem präagonalen Zustand der Leiche abhängen.

Bei protahiertem Tod zum Beispiel können Totenflecke schon intravital auftreten; andererseits stellt sich die Todesstarre bei großer Muskelaktivität kurz vor dem Tod viel früher ein als unter anderen Umständen zu erwarten ist.

Zur genaueren Todeszeitbestimmung muß also eines der vielen Verfahren herangezogen werden, die heute dem Gerichtsmediziner zur Verfügung stehen.

Eine der ältesten Methoden und auch eine der einfachsten besteht in der Temperaturmessung der Leiche.

Da diese in gesetzmäßiger Weise abkühlt, liegt es nahe, ihre aktuelle Temperatur zur Bestimmung des Todeszeitpunktes zu Hilfe zu ziehen. Allerdings ist dieses Verfahren nur durchführbar, so lange kein Ausgleich mit der Umgebungstemperatur stattgefunden hat.

Um genaue Angaben machen zu können, ist es also von größter Bedeutung, die Gesetzmäßigkeiten zu kennen, denen die Abkühlung unterliegt.

Der Untersuchung hierüber haben sich schon viele Autoren gewidmet.

Als erster schloß Davy 1839 vor, ein Thermometer zur Messung der Temperatur von Leichen zu verwenden und begründete auf diese Weise die eigentliche Erforschung der Gesetzmäßigkeiten der Leichenabkühlung. 1863 veröffentlichten Taylor und Wills ihre Temperaturmessungen an der Abdominalhaut bei 200 Fällen. Auch Seydeler nahm Messungen in der Axilla bei 24 Soldaten vor und stellte einen nicht linearen Verlauf der Abkühlkurve fest.

Richter beobachtete, daß die Abkühlzeit der Organe länger war als die der Haut. Sidney Smith untersuchte die Rektal- und Visceraltemperatur an 400 Fällen. De Saram und Mitarbeiter, Marshall und Hoare sowie Fiddes und Patten stellten die große Abhängigkeit der Abkühlung von den Umgebungsbedingungen fest.

Die verschiedenen Autoren kommen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen, jedoch wurde von den meisten beobachtet, daß Tiefenmessungen zu besseren Ergebnissen führen als Oberflächenmessungen.

Im Laufe der Jahre sind eine Reihe von Ansätzen zur mathematischen Beschreibung der experimentell gefundenen Abkühlkurven entwickelt worden. Sie haben im allgemeinen die Form

$$\frac{d \Theta}{d t} = \mu + \nu \Theta^{\eta}$$

und unterscheiden sich meist nur durch die Zahlenwerte für die Konstanten μ, ν, η .

Allerdings fehlt allen empirisch aufgestellten Formulierungen die einwandfreie theoretische Begründung. Erst Sellier (1958) gelang eine theoretisch begründete Beschreibung der Abkühlung von Leichen, indem er die bekannten Gesetze für die Abkühlung eines homogenen Kreiszyinders auf das Problem der Abkühlung von Leichen übertrug und die daraus resultierenden Gesetzmäßigkeiten diskutierte.

Die Abkühlung eines homogenen Kreiszyinders (unendlicher Länge) wird beschrieben durch die Differentialgleichung

$$\frac{d \Theta}{d t} = a \left(\frac{d^2 \Theta}{d r^2} + \frac{1}{r} \times \frac{d \Theta}{d r} \right)$$

mit

$\Theta = T - T_u$, $r =$ Abstand von der Zylinderachse, $t =$ Zeit.

Die Größe a wird als Temperaturleitfähigkeit bezeichnet. Sie ist definiert durch

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma} \quad (\text{m}^2/\text{h})$$

(λ = Wärmeleitfähigkeit, c = spezifische Wärme, γ = spezifisches Gewicht).

Im Gegensatz zu früheren Formulierungen berücksichtigt der obige, von Sellier benutzte Ansatz außer der Zeitabhängigkeit ($d\Theta/dt$) auch den Einfluß des Radius' ($r \Rightarrow R$ für die Peripherie) und als Anfangsbedingung zur Lösung der Differentialgleichung die Tatsache, daß der Körper zur Zeit Null (Todeszeitpunkt) in erster Näherung bezüglich der Temperatur homogen ist.

Die analytische Lösung dieser Differentialgleichung ist für den mathematisch weniger Geübten weder verständlich noch diskutierbar. Daher soll auf die formale Wiedergabe der Gleichung hier verzichtet werden und vielmehr die für die Praxis wichtigen Schlußfolgerungen Selliers dargestellt und durch weitere Überlegungen ergänzt werden:

Die Lösung der Differentialgleichung stellt eine Summe von e-Funktionen dar, deren höhere Glieder nach kurzer Zeit (t) verschwinden, so daß nach einer Anlaufphase die Abkühlung der Körper durch eine einfache e-Funktion der allgemeinen Form

$$\frac{\vartheta}{\vartheta_u} = A \times 1 - Bt$$

beschrieben wird. Dieser, von Sellier als "Grundwelle" bezeichnete Teil der Abkühlkurve ergibt bei halblogarithmischer Auftragung die Gerade

$$\ln \frac{\vartheta}{\vartheta_u} = \ln A - Bt$$

mit der Steigung B und dem Achsenabschnitt A bzw. $\ln A$ der auf die Zeit Null (Todeszeit) extrapolierten Grundwelle (Abb. 1 aus Sellier).

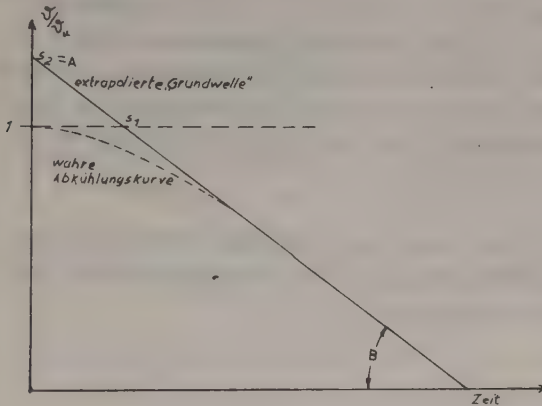


Abb. 1 Extrapolierte Grundwelle und wahre Abkühlungskurve

Der Achsenabschnitt $A = \frac{\vartheta}{\vartheta_u}$ für $t = 0$ ist von der Dicke (Radius R), dem Meßort r und dem Quotienten aus Wärmeübergangszahl α und Wärmeleitfähigkeit λ ,

$$h = \frac{\alpha}{\lambda} \text{ (m}^{-1}\text{)}$$
 abhängig.

Dabei beschreibt die Wärmeübergangszahl α die Verhältnisse an der Oberfläche des Körpers (bekleidet - unbekleidet, trocken - feucht, etc), die Wärmeleitfähigkeit λ dagegen die "inneren" Verhältnisse ($\lambda \sim 0,5$ für H_2O ; $\lambda \sim 2$ für Fett).
 h ist demnach ein Maß für die Kühlung oder, genauer, ein Maß für das Temperaturgefälle im Körper.

Die von Sellier für den Meßort $r = 0$ berechneten Werte der Tab. 1 zeigen, daß der Achsenabschnitt A umso größer wird, je größer h und/oder R werden, und daß alle Kurven mit $h \times R = \text{konstant}$ die Ordinate im gleichen Punkte schneiden (vgl. auch Abb. 2, Kurven 1 und 4 bzw 2 und 5).

h und R wirken sich also auf A insofern gleich stark aus, als eine Verdoppelung von h denselben Effekt hat wie eine Verdoppelung von R .

Tabelle 1

R = konstant = 0,1 m

h x R	0,5	1,0	2,0
h	5	10	20
$A = (\dot{v} / v_{\mu}^2) t_0$	1,086	1,18	1,32
t_0	0,80	0,91	0,94
rel. "Steigung"	0,10	0,18	0,30

h = konstant = 10 m⁻¹

h x R	0,5	1,0	2,0
R	0,05	0,10	0,20
$A = (\dot{v} / v_{\mu}^2) t_0$	1,086	1,18	1,32
t_0	0,22	0,91	3,8
rel. "Steigung"	0,38	0,18	0,07

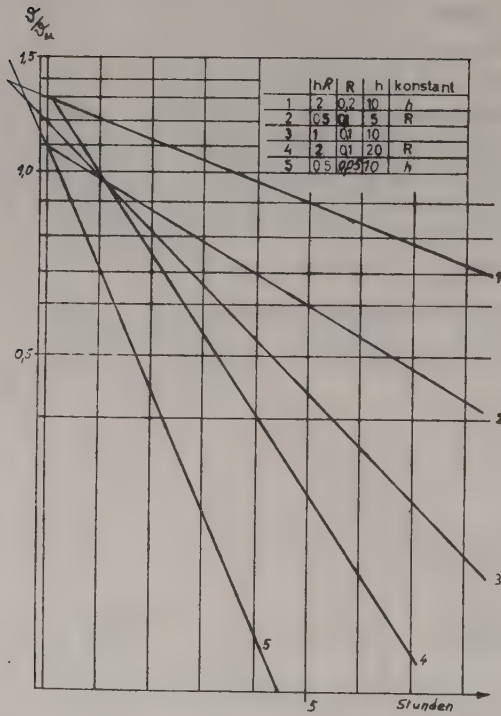


Abb. 2

Verhalten der Grundwelle (aus Sellier)

Die Steigung B ist ebenfalls von den Größen R, r, h abhängig; zudem noch von der Temperaturleitfähigkeit

$$a = \lambda / c \cdot \gamma$$

Wie aus Abb. 2, Kurven 2, 3 und 4 und der durch die Steigungen ergänzten Tabelle 1 hervorgeht, ergibt eine Erhöhung von h erwartungsgemäß eine größere Steigung, d.h. raschere Abkühlung des Körpers, und zwar bewirkt eine Verdoppelung von h eine Beschleunigung von ca. 70 %. Demgegenüber kühlt, ebenfalls wie zu erwarten, ein Körper mit größerem Radius langsamer ab. Eine Verdoppelung von R bewirkt eine Verringerung der Steigung auf etwa die Hälfte (Abb. 2, Kurven 1, 3 und 5).

Der Einfluß der Temperaturleitfähigkeit a bleibt gering, da sich die Werte von a für H_2O ($5,2 \times 10^{-4}$) und Fett ($3,2 \times 10^{-4}$) nur wenig unterscheiden. Daraus folgt, daß die langsamere Abkühlung adipöser Leichen im wesentlichen ein Volumeneffekt (großes R) ist, und nicht durch die "isolierende Fettschicht" hervorgerufen wird.

Die Tab. 1 enthält auch die Abszissenwerte (t_0) der extrapolierten Grundwellen für $v/\gamma_{\mu} = 1$.

Diese, als "Lag-Period" bezeichnete Größe ist diejenige Zeit, die bei linearer Extrapolation der Abkühlkurve zur Schätzung der Todeszeit hinzugezählt werden muß und daher von besonderer Bedeutung. Sie ist ebenfalls von den Größen R, r, h und a abhängig.

Anders als bei der Steigung B und dem Achsenabschnitt A ist hier der Einfluß von h jedoch äußerst gering; Eine Verdoppelung führt lediglich zu einer Vergrößerung von t_0 von ca. 10 % (Tab. 1).

Es zeigt sich ferner, daß sich alle Kurven mit gleichem R in einem Punkte sehr nahe dem Werte $v/v_u = 1$ schneiden (Abb. 2, Kurven 2, 3 und 4).

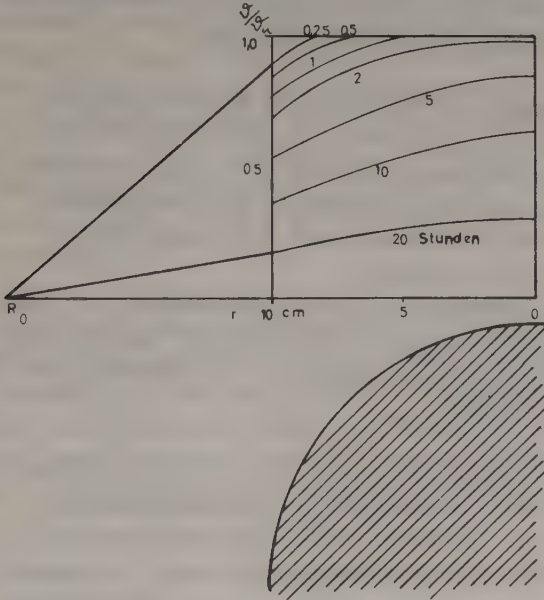
Dagegen ist der Einfluß von R gewaltig (Abb. 2. Kurven 5, 3 und 1): t_0 nimmt etwa mit R^2 zu, so daß eine Verdoppelung von R t_0 auf etwa das Vierfache erhöht (400 %!).

Die "Lag-period" ist ein Maß für die Dauer der Anlaufphase, die analytisch durch die höheren, nach einiger Zeit verschwindenden Glieder der Summe der e-Funktionen beschrieben wird. Die Anlaufphase, die sich aus der analytischen Betrachtung von Sellier durch die Anfangsbedingung, daß der Körper zur Todeszeit auf gleichmäßiger Temperatur war, zwangsläufig ergibt, hat ihre physikalische Begründung in der Tatsache, daß eine exponentielle Abnahme der Temperatur - insbesondere im Körperinneren - erst erfolgen kann, wenn sich in dem ursprünglich gleich warmen Körper ein von außen nach innen fortschreitender Temperaturgradient eingestellt hat.

Wie aus Abb. 3 zu ersehen ist, erreicht bei dem von Sellier betrachteten Fall ($R = 10 \text{ cm}$) der Gradient erst nach ca. 2 Stunden die Körpermitte.

Abb. 3

Temperatur in Abhängigkeit des Radius' eines Zylinders und der Zeit (aus Sellier)



Aus den Untersuchungen von Sellier lassen sich für die Praxis noch weitere Schlußfolgerungen ziehen:

Ist aufgrund wiederholter oder kontinuierlicher Messungen im konkreten Falle die Steigung der Grundwelle bekannt, so läßt sich auf $\dot{v}/\dot{v}_m = 1$, d.h. die Zeit t_0 zurück extrapolieren. Dies verwenden Fiddes und Patten in dem von ihnen vorgeschlagenen Verfahren, in dem sie die Zeitspanne zwischen t_0 und dem Zeitpunkt, da der Temperaturunterschied zwischen Leiche und Umgebung auf 15 % der ursprünglichen Temperaturdifferenz abgesunken ist, als "virtuelle Todeszeit" bezeichnen und gleich 100 % setzen, um dann vom Beginn der Messung auf den Zeitpunkt t_0 zu schließen.

Die Grenze von $\frac{\dot{v}}{\dot{v}_m} = 15\%$ ist insofern sinnvoll,

da hier die Angleichung der Leichtentemperatur an die Umgebung bereits soweit erfolgt ist, daß der Meßwert die Größe des Meßfehlers und die Schwankungsbreite der Umgebungstemperatur erreicht.

Zur Eingrenzung der vermutlichen Todeszeit ist jedoch in jedem Falle - so auch bei Fiddes und Patten - eine Schätzung der Lag-period nötig. (Eine Rückrechnung ist wegen der Kompliziertheit des analytischen Ausdrucks in der Anlaufphase und der Unsicherheit der Parameter nicht möglich.)

Wegen des Einflusses sowohl des Körperradius' als auch des Parameters h auf t_0 ist verständlich, weshalb für die Lag-period in der Literatur sehr unterschiedliche Werte genannt werden.

Nun besteht zwischen der Steigung und der Lag-period ein formaler, wenn auch explizit nicht angebbarer Zusammenhang, da in beiden Größen die gleichen Parameter auftreten. Bisher wurde jedoch nicht untersucht, ob nicht aufgrund dessen zumindest eine stochastische Beziehung gefunden werden kann, oder ob der große Einfluß von R auf die Lag-period jede mögliche Abhängigkeit überlagert und in den Hintergrund drängt.

In den bisherigen Überlegungen wurde davon ausgegangen, daß der Schnittpunkt der Grundwelle mit der Abszissenparallele $\dot{v} / \dot{v}_\mu = 1$ (t_0) eine sichere "rechte" Grenze für das Zeitintervall darstellt, in dem der Zeitpunkt des Todes vermutet wird, d.h. daß der Todeszeitpunkt mit Sicherheit vor diesem Grenzwert liegen muß.

So stellt sich die Frage, ob auch eine "linke" Grenze für dieses Intervall gefunden werden kann, die für die Schätzung der Lag-period eine feste, obere Grenze darstellt. Verlängert man dazu in der Auftragung von Sellier (Abb. 2) die Grundwellen über die tatsächliche Todeszeit hinaus, so zeigt sich, daß sich Kurven mit gleichem h (bei unterschiedlichem R) in einem Punkte schneiden (Abb. 2, Kurven 1, 3 und 5), und zwar vor der tatsächlichen Todeszeit.

Daraus ergibt sich die theoretische Möglichkeit, die gesuchte obere Grenze der Lag-period zu finden bzw. die vermutliche Todeszeit nach links einzuschränken, indem man im konkreten Falle die Abkühlung der Leiche an zwei verschiedenen Meßorten verfolgt und die der Abb. 2 entsprechende Konstruktion durchführt.

In der vorliegenden Arbeit soll geprüft werden, in wie weit diese, aus der Theorie sich ergebende Möglichkeit experimentell bestätigt werden kann und welche Folgerungen ggfs. sich daraus für die Praxis ergeben. Es soll ferner untersucht werden, ob sich sonstige Vorteile durch die Messung an zwei Orten im Körper einer Leiche für die Bestimmung der Todeszeit ergeben sowie die Frage einer eventuellen, stochastischen Beziehung zwischen der Steigung der Grundwelle und der Größe der Lag-period.

Für diese Untersuchungen standen die Ergebnisse der von Linsenhoff am Institut für Rechtsmedizin der Universität Freiburg durchgeführten Messungen zur Verfügung.

II. Methodik Linsenhoff

Zur Untersuchung der Gesetzmäßigkeiten der Abkühlung der Leichen wurden von Linsenhoff Temperaturmessungen an über 40 Leichen vorgenommen. Da die Abkühlrate von so vielen Parametern beeinflusst wird, kann ein brauchbares Ergebnis nur dann erzielt werden, wenn diese auf ein Minimum reduziert werden.

Die Umweltbedingungen für die Messungen mußten also möglichst konstant gehalten werden. Es wurden nur unbekleidete Leichen bei gleichbleibendem Auflagematerial immer im gleichen Raum gemessen: die Umgebungstemperatur wurde konstant gehalten und änderte sich innerhalb der verschiedenen Messungen nur geringfügig. Nur Messungen an Leichen mit genau bekanntem Todeszeitpunkt und plötzlichem Todeseintritt bekannter Ursache wurden berücksichtigt, bei denen eine normale Ausgangstemperatur angenommen werden konnte.

Eine Übersicht über die Todesursachen bei den gemessenen Leichen liefert die Tab. 2.

Gemessen wurde in der Leber, bei einer Meßtiefe von 8 - 10 cm und in der Muskulatur des Oberschenkels, bei einer Meßtiefe von 20 cm, am Knochen, bei schrägem Einstich.

Die Temperatur wurde kontinuierlich registriert, bei 10 Meßwerten in der Stunde. Gleichzeitig wurde die Raumtemperatur gemessen, um zu prüfen, ob diese konstant gehalten werden konnte.

Tabelle 2

<u>Zahl der Fälle</u>	<u>Todesursachen</u>
20	Trauma (mit Schädelhirntrauma, Aortenabriß nach Verkehrs- unfall und Sturz aus großer Höhe (Selbstmord, Betriebs- unfall))
19	Herztod
3	Erhängen
1	Halsschlagaderverschluß

Um den Einfluß der Umgebungstemperatur auf den Verlauf der Abkühlkurven zu prüfen, wurden zwei Versuchsreihen durchgeführt:

Reihe I

Messungen in Leber und Muskulatur bei konstanter Raumtemperatur zwischen 17,7 und 23° C

Reihe II

Messungen in Leber und Muskulatur bei konstanter Raumtemperatur zwischen 2,2 und 5,2° C

Zur Meßtechnik sei ein Auszug aus der Arbeit Linsenhoff wiedergegeben:

"Die Temperaturmessung selbst erfolgte mit Halbleiter (Silizium)-Sonden (Thermistor). Der Thermistor ist mit einer Größe von wenigen Kubikmillimetern in einen Kunststoffmantel mit einem Durchmesser von maximal 5 mm dicht eingeschweißt. Die Lufttemperatur wurde mit einer speziellen Thermistorsonde ermittelt. Die Sonden werden von der Yellow Springs Instrument Company Inc., Yellow Springs, Ohio, hergestellt und in der Bundesrepublik von den Firmen Kontron, München, und Hellige, Freiburg, vertrieben.

Die Sonden der verschiedenen Meßstellen (Lufttemperatur, Lebertemperatur, Muskeltemperatur) sind an einem Temperaturmonitor angeschlossen. Die Meßwerte werden auf einem Zwölfpunktedrucker fortlaufend aufgezeichnet. Auf der Registrierung wird eine Eichlinie mitgezeichnet, die konstant verläuft und die einwandfreie Funktion des Gerätes

anzeigt. Der Meßbereich des Gerätes umfaßt $0 - 42^{\circ} \text{C}$. Die Meßgenauigkeit der gesamten Anlage wird durch die Wärmeableitung durch die Sonde und den Wärmeübergang vom umgebenden Gewebe auf die Sonde mitbestimmt. Durch Verwendung von Sonden mit einem Kunststoffmantel, dessen thermische Daten dem Körpergewebe praktisch entsprechen, sowie durch die kleine Masse des Thermistors und die dünnen Zuleitungsdrähte zum Thermistor werden diese Effekte sehr klein gehalten. Zum anderen ist die Meßgenauigkeit durch den elektronischen Teil bestimmt. Ins Gewicht fallend ist nur der Anzeigefehler des Temperaturmonitors, der nach eigenen Messungen wesentlich geringer ist, als von der Lieferfirma angegeben. Die absolute Anzeigegenauigkeit der gesamten Anlage liegt maximal bei $\pm 0,5^{\circ} \text{C}$. Die Reproduzierbarkeit (Temperaturmessung an verschiedenen Leichen mit der gleichen Anlage) ist mit Sicherheit besser, d.h., sie liegt bei wenigen Zehntelgrad Celsius.

Wie bei der Blindpunktion der Leber wurde im 9. Inter-costalraum in der vorderen Achsellinie in Richtung auf die Wirbelsäule eingegangen. Nach einem Hautschnitt wurde ein Plexiglasrohr, in dessen Inneren als Kern ein Plexiglasstab mit einer scharf geschliffenen Spitze aus rostfreiem Stahl eingepaßt war, eingestoßen. Das Rohr mit Kern wurde bei der Lebertemperaturmessung ca. 8 - 10 cm tief eingestochen, bei der Muskeltemperaturmessung - es wurde in der Oberschenkelmuskulatur gemessen - ca. 20 cm. Der Kern wurde herausgezogen und anstelle des Kerns die Sonde eingeführt. Die Sonde wurde mit Stativklammern fixiert, um eine feste Lage im Gewebe und damit einen konstanten Meßpunkt zu gewährleisten. Zur Verhinderung einer Wärmeableitung wurde das Rohr um einige Zentimeter zurückgezogen. Plexiglas war wegen seiner sehr geringen Wärmeleitfähigkeit als Rohrmaterial gewählt worden, so daß das Zurückziehen des Einstichrohres nur eine zusätzliche Vorsichtsmaßnahme darstellt."

III. Eigene Auswertmethode

Für die Auswertung wurden die einzelnen Meßwerte jeder Abkühlkurve in Prozent der Differenz zwischen der Temperatur zum Todeszeitpunkt und der durchschnittlichen Umgebungstemperatur umgerechnet. Die Berechnungen erfolgten nach dem Quotienten

$$\frac{\mathcal{V}}{\mathcal{V}_\mu} = \frac{T - T_u}{T_o - T_u}$$

bei T = Temperatur zu einem bestimmten Zeitpunkt

T_u = Temperatur der Umgebung

T_o = Temperatur der Leiche zum Zeitpunkt des Todes

Als Temperatur zum Todeszeitpunkt wurde für die Leber $37,5^\circ$ C gewählt, für den Muskel unter Berücksichtigung der niedrigeren Temperatur der Körperperipherie 36° C.

Die erhaltenen Werte wurden auf halblogarithmischem Papier aufgetragen, wobei die Ord. den Logarithmus naturalis der Temperatur in Prozenten und die Abszisse die Zeit in Stunden darstellt.

Wir erhielten vier Kurvenscharen:

1. Messung der Leber in der Kälte
2. Messung des Muskels in der Kälte
3. Messung der Leber in der Wärme
4. Messung des Muskels in der Wärme

Diese sind in den Abb. 4, 5, 6 und 7 enthalten.

Abb. 4

Abkühlkurven der Leber in der Kälte

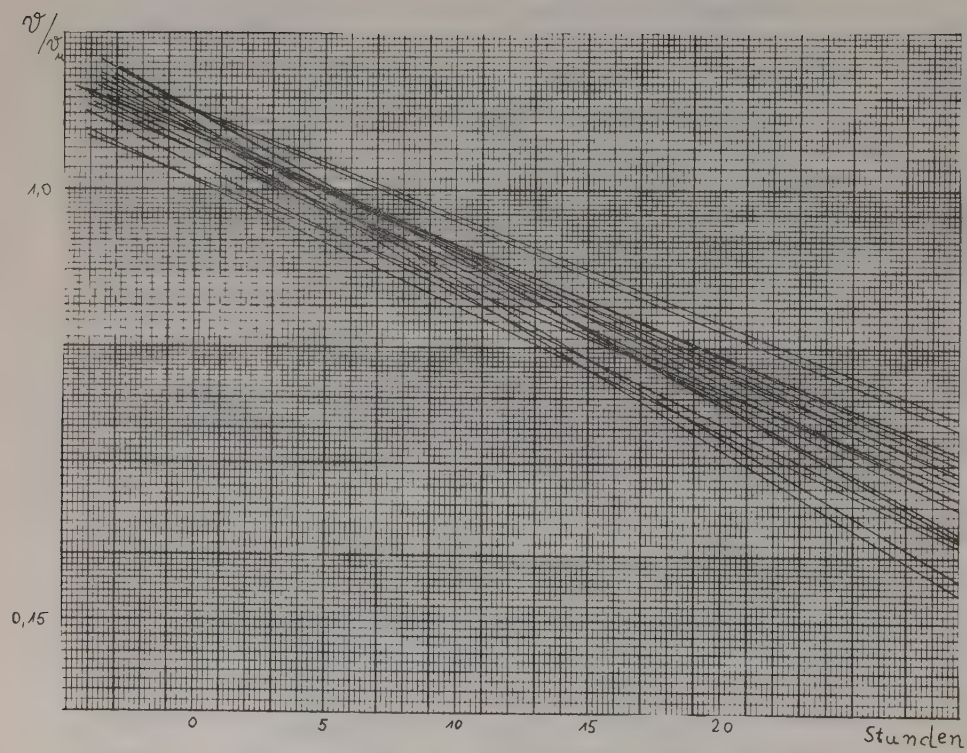


Abb. 5

Abkühlkurven des Muskels in der Kälte

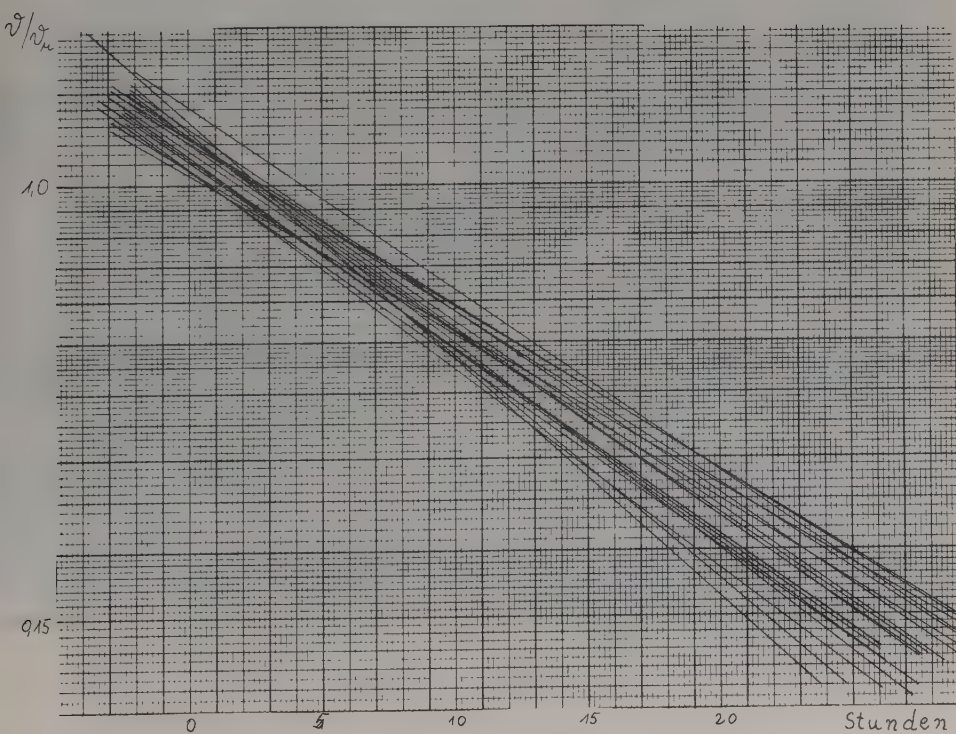


Abb. 6

Abkühlkurven der Leber in der Wärme

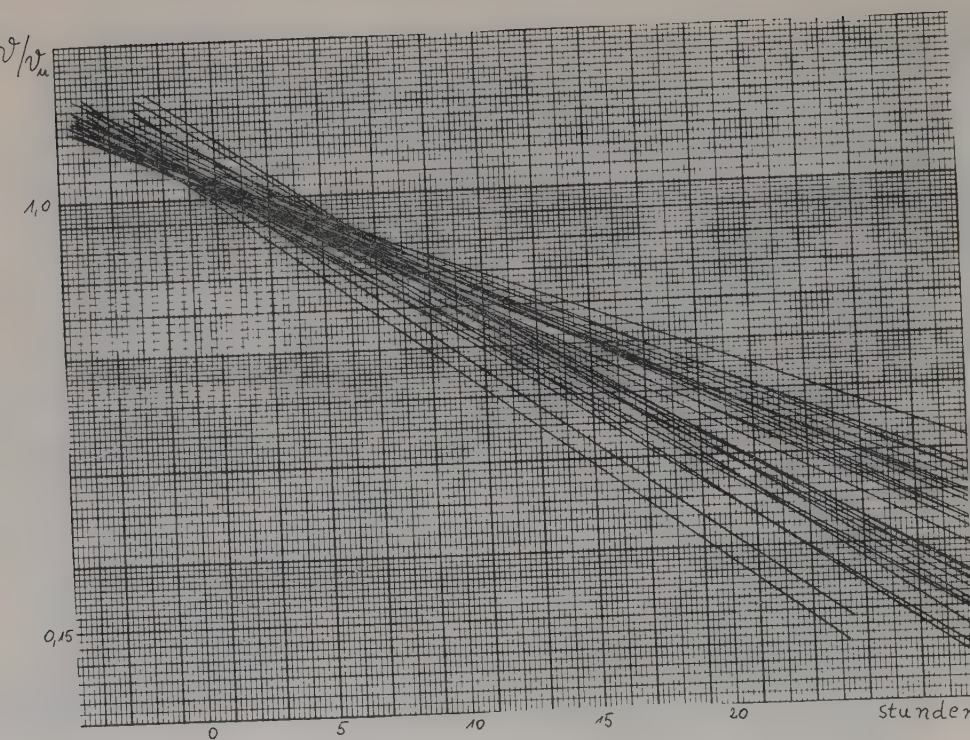
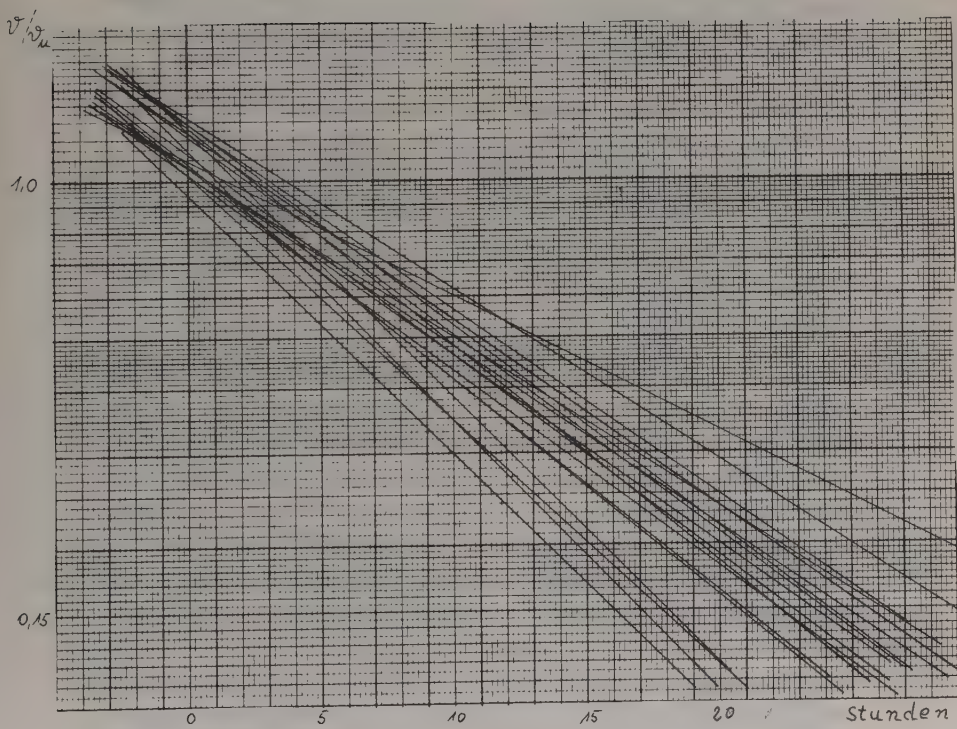


Abb. 7

Abkühlkurven des Muskels in der Wärme



Die charakteristischen Werte der einzelnen Kurven wurden aus den Aufzeichnungen direkt abgelesen bzw. berechnet. Sie sind in den Tabellen 3 - 6 zusammengefaßt. In jeder Tabelle sind folgende Werte aufgeführt:

In der ersten Spalte ist die Leichenbuchnummer aufgeführt, in der zweiten die durchschnittliche Umgebungstemperatur, bei der die Messung durchgeführt wurde.

Der Meßbeginn wird in Form der Stunden seit Eintritt des Todes angegeben, sowie parallel dazu die Temperatur der Leiche in $^{\circ}\text{C}$ zu diesem Zeitpunkt und die Prozente der Temperaturdifferenz zwischen der Todestemperatur und der Umgebungstemperatur, wobei angenommen wird, daß die Todestemperatur der Leber $37,5^{\circ}\text{C}$ ist und die des Muskels 36°C .

In der nächsten Spalte wird der Zeitpunkt aufgeführt, an dem die Abkühlkurve als hinreichend genau von der Grundwelle beschrieben angenommen werden kann. Dieser Zeitpunkt wurde so definiert als derjenige, an dem sich die wahre Abkühlkurve auf etwa 3 % der Grundwelle angenähert hat, um dann in die Grundwelle überzugehen; der Wert von 3 % wurde gewählt, da die normale Streuung der einzelnen Meßwerte um die Grundwelle etwa diesen Wert nicht überschritten.

Der Zeitpunkt der Annäherung der Kurve an die Grundwelle auf 3 % wird einerseits in Stunden nach dem Tode ausgedrückt, und andererseits in Prozenten der Temperatur zum Todeszeitpunkt, wobei wieder für die Leber die Temperatur von $37,5^{\circ}\text{C}$ und für den Muskel die Temperatur von 36°C zum Todeszeitpunkt angenommen wurde.

Tabelle 3

Meßort: Leber

Umgebungstemperatur: 4,5° C

Nr.	Umgeb. Temp.	Meßbeginn Zeit ab Tod	°C	% [#]	3 % Zeit Zeit(Std.)	Wert % [#]	Lag period = 100% Zeit	VAZ ^{##}	Abkühl- rate
174	4,5	5	37,0	98,4	10	88	7,2	40,8	0,0460
188	4,5	3	36,3	96,3	6	90	4,0	36,2	0,0526
193	4,5	5	34,4	90,6	5	93	3,4	27,6	0,0699
199	4,5	4	33,4	87,5	4	86	1,4	33,6	0,0561
206	4,5	8	32,0	83,3	9	82	5,0	36,0	0,0529
218	4,5	6	33,8	88,7	6	89	4,2	26,3	0,0724
219	4,5	2	37,8	100,9	5	96	4,2	30,8	0,0632
248	4,5	2	37,3	99,3	7	89	4,4	39,4	0,0480
263	4,5	3	35,7	94,5	3	99	1,8	32,6	0,0588
265	4,5	9	32,0	83,3	11	79	6,0	40,4	0,0467
269	4,5	2	37,5	100,0	4	96	3,4	34,4	0,0549
285	4,5	2	37,2	99,0	6	90	3,8	38,2	0,0495
307	4,5	3	36,0	95,4	4	92	2,4	38,4	0,0485
318	4,5	3	37,3	99,3	4	96	3,4	35,4	0,0531
329	4,5	4	35,9	95,1	10	77	5,0	38,0	0,0495
332	4,5	2	36,3	96,3	2	93	1,4	39,6	0,0480
335	4,5	4	36,2	96,0	5	93	4,0	27,2	0,0694
347	4,5	1	37,6	100,3	5	93	3,6	38,4	0,0495
18-68	4,5	5	35,0	92,4	8	84	5,0	33,0	0,0574

bezogen auf $T_0 = 37,5^\circ \text{C}$

VAZ = Virtuelle Abkühlzeit

Tabelle 4

Meßort: Muskel

Umgebungstemperatur: 4,5° C

Nr	Umge- bungs- temp.	Meßbeginn Zeit ab Tod	o _c	% [*]	3 % Zeit Zeit (Std.)	Wert %	Lag period= 100 % Zeit	Virt. Abk. Zeit	Abkühlrate
174	4,5	5	34,0	93,6	5	94	4,2	23,8	0,0793
188	4,5	3	34,7	95,8	3	96	2,6	26,0	0,0724
193	4,5	5	29,9	80,6	6	70	2,4	19,2	0,0980
199	4,5	4	27,6	73,3	4	74	0,6	21,8	0,0862
206	4,5	8	22,1	55,8	8	56	1,3	22,5	0,0847
218	4,5	6	30,1	81,2	9	52	2,5	18,5	0,1030
219	4,5	2	37,0	103,1	3	94	2,4	18,8	0,0806
248	4,5	2	34,0	93,6	3	84	0,8	23,4	0,0813
263	4,5	3	31,9	86,9	3	86	1,2	23,0	0,0826
265	4,5	9	24,0	61,9	7	72	2,2	26,8	0,0714
269	4,5	2	35,7	99,0	4	84	2,0	23,4	0,0877
285	4,5	2	35,9	99,6	2	94	2,0	27,0	0,0704
307	4,5	3	31,4	85,3	4	76	0,3	26,7	0,0705
318	4,5	3	31,7	86,3	4	76	0,6	23,0	0,0819
329	4,5	4	32,6	89,2	4	90	2,4	25,2	0,0757
332	4,5	2	34,7	95,8	4	80	0,6	27,8	0,0684
335	4,5	4	31,5	85,7	4	86	2,4	21,0	0,0909
347	4,5	1	35,5	98,8	2	90	0,8	21,4	0,0892
18-68	4,5	5	32,0	87,3	4	80	3,2	23,6	0,0806

* bezogen auf T₀ = 36,0° C

Tabelle 5

Meßort: Leber

Umgebungstemperatur: 17,7 - 23,9° C

Nr.	Umg. temp.	Meßbeginn Zeit ab Tod	°C	% [#]	3 % Zeit (Std.)	Wert %	Lag-Period = 100 % Virt. Zeit Abh. Zeit	Abkühl- rate		
25 -	68	17,7	3	37,0	97,4	5	89	3,0	32,6	0,0588
27 -	68	17,8	2	37,4	99,4	3	96	2,6	30,9	0,0617
31 -	68	19,3	3	35,1	86,8	3	86	0,6	29,9	0,0632
39 -	68	20,1	3	35,9	90,8	3	92	1,4	33,4	0,0568
44 -	68	18,3	2	36,6	95,3	3	92	1,4	37,0	0,0515
60 -	68	19,7	2	37,6	100,0	5	87	3,0	26,6	0,0714
79 -	68	19,3	3	35,9	91,2	3	92	1,4	35,6	0,0531
81 -	68	18,3	2	37,3	98,9	3	84	2,0	31,0	0,0613
85 -	68	17,9	2	37,0	97,4	3	95	2,0	39,0	0,0480
114 -	68	21,4	1	37,1	97,5	3	95	1,4	38,0	0,0476
72 ?)		20,0	2	38,5	105,7	3	94	3,0	26,0	0,0724
81 ?)		21,0	2	36,3	92,7	7	82	2,0	39,4	0,0480
112 ?)		21,0	2	36,6	94,5	4	88	2,0	28,8	0,0657
119 ?)		22,1	8	33,7	75,3	8	72	4,0	23,6	0,0806
133 ?)		22,2	5	34,0	77,1	5	77	1,2	27,4	0,0704
60		19,0	1	37,6	100,5	2	99	2,1	37,5	0,0510
75		20,0	5	35,2	86,8	5	85	2,0	35,5	0,0531
106		18,5	2	36,9	96,8	5	87	2,8	32,2	0,0588
116		22,8	4	34,7	80,9	4	80	1,4	19,0	0,0847
117		22,8	5	34,7	80,9	5	80	2,6	19,8	0,0819
132		22,7	2	35,5	86,4	2	86	0,4	22,2	0,0847
147		21,1	2	36,3	92,6	4	84	1,8	28,2	0,0675
152		20,6	2	36,5	94,0	3	86	0,6	30,6	0,0617
153		20,7	3	35,7	89,2	3	89	1,4	25,0	0,0757
159		21,4	2	36,7	95,0	4	84	0,8	27,6	0,0684
164		23,9	2	37,3	98,5	3	96	2,0	33,0	0,0574
165		22,0	1	38,0	103,2	5	82	3,4	42,4	0,0446

bezogen auf T₀ = 37,5° C

?) Todeszeit unsicher

bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt

Tabelle 6

Meßort: Muskel

Umgebungstemperatur: 17,7 - 23,9° C

Nr.	Umge- bungs- temp.	Meßbeginn Zeit °C ab Tod	%	3 % Zeit Zeit (Std.)	Wert %	Lag-period 100 % Zeit	Virt. Abk. Zeit	Abkühl- rate	
25-68	17,7	3	35,6	97,8	3	98	2,6	21,4	0,0892
27-68	17,8	2	36,5	102,7	3	96	2,4	23,2	0,0819
31-68 [†]	19,3	3	30,0	64,0	3	64	- 0,8	16,6	0,1136
39-68	20,1	3	34,9	93,0	3	94	2,0	22,0	0,0862
44-68	18,3	2	32,6	80,7	2	84	0,2	22,0	0,0862
60-68	19,7	2	34,7	92,0	2	74	1,2	21,4	0,0892
79-68	19,3	3	32,4	78,4	3	78	0,4	20,4	0,0925
81-68	18,3	2	33,7	87,0	3	78	0,4	20,0	0,0943
85-68	17,9	2	33,8	87,8	3	80	0,4	25,4	0,0806
114-68	21,4	1	35,7	97,9	1	96	0,4	23,0	0,0833
133 [?]	22,2	5	30,7	61,5	5	62	1,0	16,0	0,1190
132	22,7	4	31,1	63,1	4	64	0,2	17,6	0,1063
147	21,1	2	36,3	102,0	3	94	2,4	19,6	0,0943
152	20,6	2	35,5	96,7	2	96	1,2	31,8	0,0602
153	20,7	3	33,6	84,3	3	86	1,6	16,2	0,1162
159	21,4	2	34,7	91,0	2	90	0,6	23,9	0,0793
164	23,9	2	37,2	109,9	4	92	2,8	23,4	0,0813
165	22,0	1	37,3	109,2	4	96	3,4	25,2	0,0751

† bezogen auf $T_0 = 36,0^\circ \text{C}$

?) Todeszeit unsicher

† bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt

A. Ermittlung der von Fiddes und Patten definierten
virtuellen Abkühlzeit

Die Grundwelle beschreibt in ihrem Verlauf den größten Teil der Abkühlkurve ziemlich genau. Die einzelnen Meßwerte streuen sehr wenig um diese Gerade.

Eine Ausnahme bildet die Kurve in ihrem anfänglichen Verlauf, der Lag-period, da die Wärmeabgabe verzögert eintritt, wie oben bereits erwähnt wurde.

Ebenfalls nicht hinreichend genau beschrieben wird die Kurve in ihrem letzten Teil, da bei größerer Annäherung der Temperatur der Leiche an die Umgebungstemperatur die Anpassung immer langsamer erfolgt, die Kurve also immer flacher wird, und auch in stärkerem Maße Schwankungen unterworfen ist, so zum Beispiel geringen Temperaturschwankungen der Umgebung, die sich in einer verzögerten oder beschleunigten Abkühlung mit einer Latenz von einigen Stunden bemerkbar machen.

Außerdem erreichen nicht alle gemessenen Kurven die Umgebungstemperatur, und wenn doch, dann weisen die realen Abkühlzeiten größte Unterschiede auf, so daß sie nicht mehr vergleichbar sind.

Aus diesem Grund wurde von Fiddes und Patten der Begriff der virtuellen Abkühlzeit eingeführt. Diese erfaßt die Zeit, die die Temperatur der Leiche braucht, um sich bis auf 15 % der Umgebungstemperatur anzunähern, abzüglich der Lag-period.

Diese Zahl wurde zunächst rein empirisch festgelegt, und erst später wurde aufgrund der experimentellen Messungen erkannt, daß die Grundwelle wirklich den Verlauf der Abkühlkurve ziemlich genau beschreibt, bis zu einer Abkühlung von 85 % der Temperaturdifferenz der Todestemperatur der Leiche und der Umgebungstemperatur.

Um die virtuelle Abkühlzeit zu ermitteln, wurden die vier Kurvenscharen getrennt betrachtet.

Die virtuelle Abkühlzeit wurde an den Kurven direkt abgelesen u. statistisch ausgewertet.

Hierbei errechneten sich für die vier Kurvenscharen verschiedene Ergebnisse.

Für die Lebermessungen in der Kälte ergab sich eine mittlere virtuelle Abkühlzeit von 35,0 Stunden, bei einer Streuung von 4,52. Die längste Abkühlzeit betrug 40,8, die kürzeste 26,3 Stunden.

Die entsprechenden Werte der Muskelmessung waren 23,3 Stunden für die mittlere virtuelle Abkühlzeit, bei einer Streuung von 2,8, einer maximalen Abkühlzeit von 27,8, eine minimale von 18,5 Stunden.

In der Meßreihe in der Wärme errechnete sich für die Leber eine mittlere virtuelle Abkühlzeit von 30,8 bei einer Streuung von 6,5, einer maximalen Zeit von 42,4 und einer minimalen von 19,0. Die mittlere virtuelle Abkühlzeit des Muskels betrug 21,9 Stunden, bei einer Streuung von 3,84, die Abkühlzeit war höchstens 31,8 Stunden lang mindestens 16,0.

Eine Übersicht gibt Tabelle 7.

Diese verschiedenen Ergebnisse zeigen, daß die virtuelle Abkühlzeit sowohl von der Umgebungstemperatur als auch vom Radius in verschiedener Weise beeinflußt wird.

Tabelle 7

		Kälte	Wärme
Min - Max		26,3 - 40,8	19,0 - 42,4
Leber	Ø	35,0	30,8
	S	4,52	6,5
Min - Max		18,5 - 27,8	16,0 - 31,8
Muskel	Ø	23,3	21,9
	S	2,8	3,84

a) Einfluß des Radius auf die virtuelle Abkühlzeit

In Übereinstimmung mit der Theorie von Sellier, zeigt das Ergebnis einerseits, daß bei gleichbleibender Umgebungstemperatur die Körperteile mit größerem Radius längere Zeit brauchen, um sich bis auf ein gewisses Maß der Umgebungstemperatur zu nähern. Die durchschnittliche Abkühlzeit bei Meßort Leber ist wesentlich länger als bei Meßort Muskel.

Dies gilt sowohl für die Messungen in der Kälte, wo die virtuelle Abkühlzeit der Leber um über 10 Stunden länger ist als die des Muskels, als auch für die Messungen in der Wärme, wo die virtuelle Abkühlzeit der Leber ebenfalls fast 10 Stunden länger ist als die des Muskels.

Dies ist dadurch zu erklären, daß Körper mit größerem Radius über ein größeres "Wärmereservoir" verfügen und daher auch längere Zeit brauchen, um die größere Wärmemenge an die Umgebung abzugeben als Körper mit kleinerem Radius.

b) Einfluß der Umgebungstemperatur auf die virtuelle Abkühlzeit

Weiter^{kann} beim Vergleich der Lebermessungen in der Kälte und in der Wärme, bzw. der Muskelmessungen in der Kälte und in der Wärme beobachtet werden, daß bei gleichbleibendem Radius die virtuelle Abkühlzeit bei verschiedener Umgebungstemperatur nicht sehr wesentliche Unterschiede aufweist.

Die virtuelle Abkühlzeit bei Meßort Leber ist in der Kälte 35,0 Stunden und in der Wärme 30,8 Stunden, die für Meßort Muskel in der Kälte 23,3 Stunden, in der Wärme 21,9 Stunden.

Dies bedeutet, daß die sich pro Zeiteinheit ergebende absolute Abnahme der Körpertemperatur desto größer ist, je größer die Temperaturdifferenz zwischen der Körpertemperatur und der Umgebungstemperatur ist, d.h., daß die sich pro Stunde ergebende Abkühlung in Grad größer sein muß bei größerer Temperaturdifferenz, was die Voraussetzung dafür ist, daß die wesentlich größere Temperaturdifferenz in fast gleichbleibender Zeit ausgeglichen wird.

Die Abkühlrate, das ist die Steigung der Grundwelle, die die prozentuale Abkühlung wiedergibt, ist nicht größer, entsprechend den theoretischen Überlegungen.

Allerdings ergibt sich bei diesen Messungen doch eine etwas längere Abkühlzeit in der Kälte als in der Wärme, d.h. also, daß die größere Temperaturdifferenz doch nicht vollständig durch die verstärkte Wärmeabgabe ausgeglichen werden kann.

Andererseits ist auch bei unserem kleinen Untersuchungs-
gut kein besseres Ergebnis zu erwarten.

Der Unterschied in der virtuellen Abkühlzeit, der sich bei gleichbleibendem Radius bei unterschiedlicher Umgebungstemperatur ergibt, tritt jedoch weitestgehend zurück beim Vergleich mit den viel größeren Unterschied in der virtuellen Abkühlzeit bei gleichbleibender Umgebungstemperatur und verschiedenem Radius.

Aus den obigen Ausführungen kann also geschlossen werden, daß die virtuelle Abkühlzeit im wesentlichen von dem Radius abhängig ist, d.h. bei größerem Radius länger ist als bei kleinerem, während die Umgebungstemperatur keinen großen Einfluß auf die virtuelle Abkühlzeit hat.

- B. Untersuchung darüber, ab welcher Zeit und ab welcher relativen Abkühlung die Abkühlkurve hinreichend genau durch die Grundwelle beschrieben wird.

Als nächstes soll anhand der Kurven untersucht werden, ab welcher Zeit und ab welcher relativen Abkühlung die Abkühlkurve hinreichend genau durch die Grundwelle beschrieben wird.

Bei der gemessenen Abkühlkurve liegen die Meßwerte in der Lag-period unter der Grundwelle. Am größten ist der Abstand zur Grundwelle beim Todeszeitpunkt, die Grundwelle schneidet die Ordinate weit über dem Wert 100 %. Einige Zeit nach dem Todeszeitpunkt nähert sich die wirkliche Abkühlkurve der Grundwelle. Liegen die gemessenen Werte in einem Abstand zu dieser von etwa 3 % oder weniger, was etwa der maximalen Streubreite um die Grundwelle entspricht, so kann die Kurve als von der Grundwelle hinreichend genau beschrieben betrachtet werden.

Es wurde hier nun versucht, aus den Kurven abzulesen, ab welchem Zeitpunkt der wirkliche Kurvenverlauf von der Grundwelle beschrieben wird, da nach diesem Zeitpunkt eine lineare Extrapolation möglich ist.

Es ergaben sich aber erhebliche Schwierigkeiten. Um eine wirklich bindende Aussage hierüber machen zu können, hätten einige Bedingungen für die Untersuchung erfüllt sein müssen, die in der Praxis mit diesem Material kaum durchzuführen sind, so z.B. ein sofortiger Meßbeginn nach dem Tod, und nicht erst nach etwa 2 Stunden oder viel mehr.

Darüber hinaus erschwert folgende Tatsache wesentlich diese Untersuchung: Es ist nicht genau bekannt, unter welchen Bedingungen die Leichen vor Meßbeginn gelegen sind, bei welcher Außentemperatur, ob bekleidet oder unbekleidet, usw. All diese Faktoren führen zu größeren Schwankungen im gesetzmäßigen Verlauf der Kurven, insbesondere des anfänglichen Teiles, die das Ergebnis verfälschen.

Im einzelnen erwies sich eine Untersuchung der Abkühlkurven des Muskels als undurchführbar, da bei fast allen bei Meßbeginn die Annäherung an die Grundwelle bereits erfolgt war.

Bei Betrachtung der Verlaufskurven der Leber konnte nur bei einigen festgestellt werden, ab welchem Zeitpunkt und ab welcher prozentualen Abkühlung die Kurve von der Grundwelle beschrieben wird. Bei vielen mit relativ spätem Meßbeginn von etwa vier Stunden oder mehr, wird ab Meßbeginn die Kurve auch hinreichend genau von der Grundwelle beschrieben, aber es kann nichts darüber ausgesagt werden, ob dieses der gesuchte Zeitpunkt ist, oder ob er schon früher liegt.

In den Tabellen 3, 4, 5 und 6 sind die gefundenen Werte der Abkühlkurven der Leber und des Muskels enthalten.

Im Durchschnitt ergab sich, daß die Abkühlkurve der Leber in der Kälte ab 6,0 Stunden nach dem Tode hinreichend genau von der Grundwelle beschrieben wird, bei einer Streuung von 2,5 in der Wärme ab 3,9 Stunden, bei einer Streuung von 1,6. Die Abkühlkurve des Muskels wird in der Kälte ab 4,3 Stunden nach dem Tode von der Grundwelle beschrieben, die Streuung beträgt 2,0, in der Wärme ab 2,9, bei einer Streuung von 1.

Diese Werte sind zwangsläufig zu hoch, da sie sich weniger auf den tatsächlichen Todespunkt beziehen, als auf den Zeitpunkt des Meßbeginns, d.h. also auf den Zeitpunkt, seit dem die Leiche unter definierten Bedingungen liegt.

C. Abkühlrate unbedeckter Leichen bei konstanten Umweltbedingungen

Als weiterer Punkt dieser Arbeit wurde die Abkühlrate der Leber- und der Muskelkurven ermittelt.

Bei der Formel

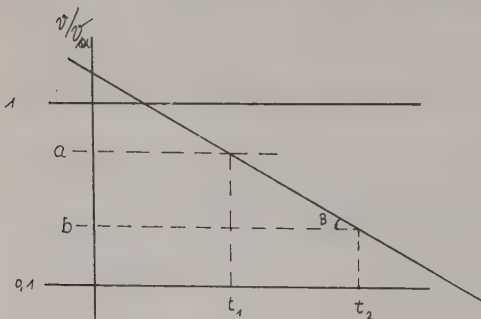
$$\ln \frac{v}{v_{\mu}} = \ln A - Bt$$

bedeutet B die Steigung der Grundwelle (siehe Abb. 8).

Um diese Steigung, d.h. die Abkühlrate der Leiche aus den Zeichnungen zu ermitteln, kann folgender Quotient gebildet werden:

$$B = \frac{a - b}{t_2 - t_1}$$

Abb. 8: Steigung der Grundwelle



Dabei sind a und b die Projektionen zweier beliebiger Punkte der Grundwelle auf die Ordinate und t_1 und t_2 die Projektion derselben Punkte auf die Abszisse.

Für eine einfachere Berechnung wurden a und b derart gewählt, daß ihre Differenz annähernd 1 beträgt.

Dies ist der Fall bei $\ln 0,6$ und $\ln 0,22$:

$$\ln 0,6 = -0,51082$$

$$\ln 0,22 = -1,5141$$

Wird die Differenz gebildet, so ergibt sich 1,00328, wobei die Ziffer nach dem Komma vernachlässigt werden kann.

Nun wurde bei jeder Kurve die zum Schnittpunkt der Grundwelle mit der Abszissenparallele bei 0,6 und 0,22 gehörige Zeit abgelesen, die Differenz gebildet und der Quotient
$$\frac{1}{t_2 - t_1}$$

berechnet.

Die so errechnete Abkühlrate ist dimensionslos, und sagt nur etwas über die Steigung der Grundwelle, also über die relative Abkühlung aus.

Eine Übersicht über die Ergebnisse gibt die Tabelle 8:

Tab. 8

		Kälte	Wärme
	Min - Max	0,0460 - 0,0724	0,0446 - 0,0847
Leber	Mittel	0,055	0,0629
	Strg.	0,00866	0,01236
	Min - Max	0,0684 - 0,1030	0,0602 - 0,1190
Muskel	Mittel	0,0818	0,0891
	Strg.	0,00938	0,01571

Diese Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung mit denen der Arbeit Linsenhoff.

Dort wurden die mittleren Steigungen der Leber- und Muskelkurven für beide Meßbereiche bestimmt, jedoch wurden hierbei alle Einzelwerte für die Berechnung herangezogen.

Es ergaben sich folgende Steigungen (in Klammern werden die Steigungen angegeben, die bei der vorliegenden Arbeit berechnet wurden):

Leber, Meßreihe in der Kälte:	0,05	(0,055)
Muskel, Meßreihe in der Kälte:	0,074	(0,0818)
Leber, Meßreihe in der Wärme:	0,0625	(0,0629)
Muskel, Meßreihe in der Wärme:	0,087	(0,0891)

a) Einfluß des Radius' auf die Abkühlrate

Beim Vergleichen der Ergebnisse von Muskel- und Lebermessung sieht man sowohl in der Kälte als auch in der Wärme einen wesentlich steileren Temperaturabfall im Muskel.

Dies beruht darauf, daß durch den kleineren Radius die Wärmemenge in diesem Körperteil wesentlich kleiner ist als bei der Leber und daher die Annäherung an die Umgebungstemperatur schneller erfolgen kann.

b) Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Abkühlrate

Werden jedoch die Messungen des Muskels für sich und der Leber andererseits verglichen, so ergibt sich für den Durchschnitt kein wesentlicher Unterschied in der Kälte und in der Wärme, d.h. daß die relative Abkühlung bei gleichbleibendem Radius, aber unterschiedlicher Umgebungstemperatur annähernd gleich ist, wie zu erwarten war.

D. Lag-⁹period bei unbedeckten Leichen bei konstanten Umweltbedingungen

Wie bereits oben ausgeführt, beschreibt die Grundwelle den Verlauf der Temperaturkurven nicht in ihrer Gesamtheit, da diese nicht sofort den Verlauf einer e-Funktion zeigen, sondern erst nach Ablauf einer verschieden langen Zeit, in der die Temperaturabgabe verzögert eintritt.

Diese Verzögerung zeigt sich in der logarithmischen Auftragung so, daß beim Interpolieren der Grundwelle diese die Abszissenparallele beim 100 %-Wert nicht zur Todeszeit schneidet, sondern zeitlich später.

Dieser Zeitintervall zwischen der wahren Todeszeit und dem Schnittpunkt ist die Lag-period.

Die Lag-period wurde aus den Kurven direkt abgelesen und statistisch behandelt. Die Ergebnisse sind der Tabelle 9 zu entnehmen.

Tab. 9

		Kälte	Wärme
Leber	Min - Max	1,4 - 7,2	0,4 - 3,4
	Mittelw.	3,8	1,9
	Strg.	1,66	1,05
Muskel	Min - Max	0,3 - 4,2	0,2 - 3,4
	Mittelw.	1,9	1,3
	Strg.	0,9	1,06

a) Einfluß des Radius' auf die Lag period

Die Ergebnisse zeigen, daß bei gleicher Umgebungstemperatur die Lag period länger ist bei größerem Radius, in der Kälte weisen die Temperaturmessungen in der Leber eine Lag period von 3,8 Stunden auf, während bei den Messungen des Muskels die Lag period nur 1,9 Stunden beträgt; in der Wärme ist die Lag period der Lebermessung im Durchschnitt 1,9 Stunden lang, die der Muskelmessung nur 1,3 Stunden.

Dieses Ergebnis stimmt mit den theoretischen Überlegungen von Sellier überein, in denen festgestellt wird, daß die Lag period etwa mit dem Quadrat des Radius' zunimmt.

b) Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Lag period

Auch ist ein Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Dauer der Lag period anzunehmen, da sie bei beiden Meßorten in der Kälte länger ist. Auch diese Tatsache kann auf einfache Weise erklärt werden. Durch die größere Temperaturdifferenz zwischen dem Inneren und der Umgebungstemperatur bei Kälte ist längere Zeit erforderlich, um hier einen Temperaturgradienten auf dieser Strecke herzustellen.

Allerdings ist hier auch zu berücksichtigen, daß die Leichen vor Meßbeginn unterschiedlich lang in nicht bekannter Umgebung gelegen haben, so daß insbesondere bei der Meßreihe in der Kälte eine zu lange Lag period vorgetäuscht werden kann. Es ist anzunehmen, daß das Ergebnis grundsätzlich richtig ist, jedoch sind die einzelnen Werte kritisch zu betrachten.

E. "Stochastische" Beziehung zwischen der Lag period und der Abkühlrate

Zwischen der Lag period und der Abkühlrate besteht zwar eine mathematische Beziehung, die aber von so vielen Faktoren beeinflusst wird, daß sie nicht aufzulösen ist. Die Parameter R , h und a , von denen diese Größen wesentlich abhängen, unterliegen jedoch statistischen Schwankungen, so daß hier gesagt werden kann, daß eine stochastische Beziehung zwischen der Lag period und der Abkühlrate besteht.

Es wurde hier versucht, eine stochastische Beziehung dieser beiden Größen aufzuzeigen, indem sie in einem Koordinatensystem gegeneinander aufgetreten würden. Leider schwankten aber die Werte durch Überlagerung der verschiedenen Faktoren derart, daß keinerlei Beziehung darstellbar war, die Punkte sind völlig wahllos über die ganze Fläche verstreut, wie aus der Aufzeichnung entnommen werden kann. (Abb. 9, 10, 11 und 12)

Abb. 9

"Stochastische" Beziehung zwischen der Lag period und
der Abkühlrate
Lebermessung in der Kälte

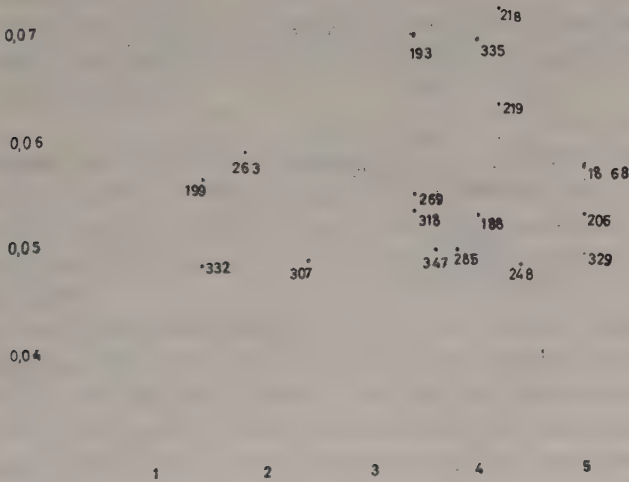


Abb. 10

"Stochastische" Beziehung zwischen der Lag period und
der Abkühlrate
Muskelmessung in der Kälte

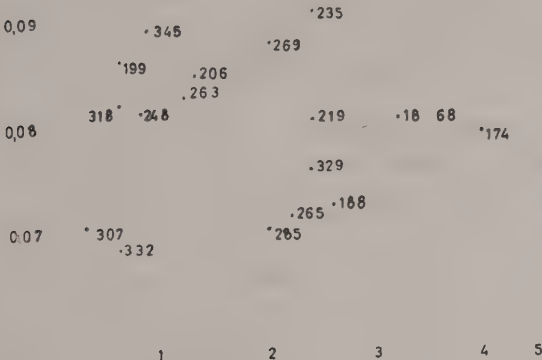


Abb. 11

"Stochastische" Beziehung zwischen der Lag period und
der Abkühlrate
Lebermessung in der Wärme

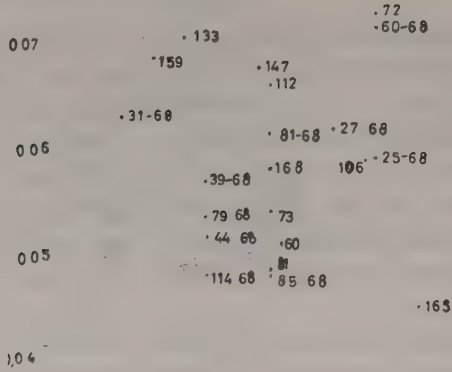
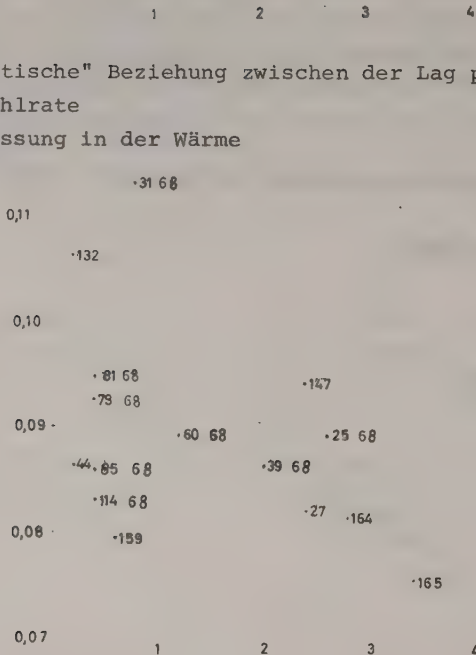


Abb. 12

"Stochastische" Beziehung zwischen der Lag period und
der Abkühlrate
Muskelmessung in der Wärme



Der unterschiedliche Radius der Leichen, der, wie oben ausgeführt wurde, einen großen Einfluß auf die Lag period hat, sowie auch auf die Abkühlrate, war wohl maßgeblich daran beteiligt, daß keinerlei Beziehung aufzuzeigen war.

Weiter ist zu berücksichtigen, daß bei einigen Leichen nicht exakt der Todeszeitpunkt bekannt war, und darüber hinaus wurde nur bei wenigen von ihnen sehr kurz nach dem Tode, etwa zwei Stunden oder weniger, mit der Messung begonnen.

Da es nicht genau bekannt ist, unter welchen Umweltbedingungen diese Leichen die Zeitspanne zwischen dem Tod und Meßbeginn gelegen sind, ob bei wesentlich höherer oder niedrigerer Umgebungstemperatur, ob bekleidet oder unbekleidet, usw., kann man hinsichtlich der Genauigkeit, insbesondere der Lag period, nichts aussagen.

F. Verfahren zur Bestimmung einer oberen Grenze für die Lag period

Werden die Grundwellen der bei verschiedenem Radius gemessenen Abkühlkurven derselben Leiche rückwärts verlängert, so ist anzunehmen, daß sie sich links vom Nullpunkt schneiden, d.h. der Schnittpunkt liegt zeitlich vor dem Todeszeitpunkt, er könnte also als äußerste Grenze für die Lag period betrachtet werden.

Um diese Annahme zu prüfen, wurde für jede Leiche die Grundwelle der Leber- und der Muskelmessung gegeneinander aufgetragen.

Hierbei ergab sich für die Meßreihe in der Kälte, daß der Schnittpunkt der Grundwellen durchschnittlich 2,5 Stunden vor dem Todeszeitpunkt liegt, bei einer Streuung von 1,8. Die Schnittpunkte lagen höchstens 5,4 Stunden vor dem Todeszeitpunkt, mindestens fielen sie mit diesem zusammen.

In der Meßreihe in Wärme waren die Ergebnisse nicht so befriedigend, da bei einigen Leichen der Schnittpunkt erst nach dem Todeszeitpunkt lag.

Bei alleiniger Berücksichtigung der vor dem Todeszeitpunkt liegenden Schnittpunkte wurde bei der Meßreihe in der Wärme ein durchschnittlicher Abstand von 1,8 Stunden von der Ordinate, bei einer Streuung von 1,7, errechnet.

Der größte Abstand betrug 5,8 Stunden, der geringste 0,8 Stunden. In einem Fall verliefen die Kurven fast parallel, so daß der Schnittpunkt nicht ermittelt werden konnte.

Allgemein kann festgestellt werden, daß bei einem unter der Abszissenparallele (= 100 %) liegenden Schnittpunkt der Grundwellen anzunehmen ist, daß er zeitlich nach dem Todeszeitpunkt liegt, während ein Schnittpunkt oberhalb der Abszisse mit der Todeszeit zusammenfällt oder zeitlich vor ihr liegt, was wahrscheinlicher ist.

Die Tabellen 10 und 11 liefern eine Übersicht der Schnittpunkte der Grundwellen in der Meßreihe in der Kälte und in der Meßreihe in der Wärme, angegeben in Stunden vor dem Todeszeitpunkt. Die in Klammern gesetzten Kurven wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da sie sich nach dem Todeszeitpunkt schneiden.

Eine Zusammenfassung der errechneten Mittelwerte, Streuung, Minima und Maxima gibt die Tabelle 12.

Tabelle 10

Schnittpunkte der Grundwellen

Umgebungstemperatur = $4,5^{\circ}$ C

<u>Nr.</u>	<u>Stunden</u>
174	0,0
188	1,8
193	1,0
199	0,4
206	4,8
218	2,0
219	3,8
248	4,6
263	0,8
265	5,4
269	1,2
285	3,4
307	4,4
318	5,2
329	3,0
332	0,6
335	2,2
347	2,6
18 - 68	0,6

Tabelle 11

Schnittpunkte der Grundwellen
Umgebungstemperatur $17,7^{\circ} - 23,9^{\circ} \text{ C}$

<u>Nr.</u>	<u>Stunden</u>
(25 - 68	- 2,2)
(27 - 68	- 1,8)
31 - 68	2,5
(39 - 68	- 3,6)
(44 - 68	- 2,2)
60 - 68	5,8
79 - 68	0,8
81 - 68	2,0
85 - 68	2,5
114 - 68	1,2
133	0,0
132	1,0
(147	- 3,6)
152	
(153	- 1,6)
159	0,8
(164	- 4,8)
(165	- 3,2)

Tabelle 12

Schnittpunkte der Grundwellen

	Kälte	Wärme
Ø	2,5	1,8
S	1,78	1,7
Min - Max	0 - 5,4	0 - 5,8

IV. Folgerungen für die Praxis

Die Erkenntnisse aus den obigen Untersuchungen sollen nun zu einem Verfahren verhelfen, wie in der Praxis auf einfache Weise die Todeszeit mit möglichst großer Genauigkeit ermittelt werden kann.

Dabei sollen die graphische Darstellung und die Kenntnis der Schwankungsbreite einiger Größen, also des Mittelwertes und der Streuung, zu Hilfe gezogen werden.

- a) Zunächst soll vom Idealfall aus gegangen werden, in dem mit einem zeitlichen Abstand von einer Stunde oder mehr mindestens zweimal an zwei Orten mit verschiedenem Radius, in diesem Fall in der Leber und in der Muskulatur des Oberschenkels, die Temperatur gemessen wird.

Gleichzeitig wird die Umgebungstemperatur gemessen, um die prozentuale (relative) Abkühlung ermitteln zu können.

Verwertbare Ergebnisse sind zu erwarten, wenn noch nicht über 85 % der Abkühlung stattgefunden hat, bzw. innerhalb etwa der ersten 24 Stunden nach Eintritt des Todes.

Die erhaltenen Werte für die stattgefundene relative Abkühlung werden logarithmisch aufgetragen, durch die Punkte wird jeweils eine Gerade gelegt, die der Grundwelle der Leber- und der Muskelabkühlkurve entspricht.

Durch die wiederholte Messung erhält man also gleichzeitig die Abkühlrate, d.h., es ist bekannt, wie steil die Kurven verlaufen.

(Abb. 13 und 14

Das angegebene Beispiel entspricht dem tatsächlichen Verlauf einer der gemessenen Fälle)

Bereits jetzt kann eine Vorstellung über die Lage des Todeszeitpunktes gewonnen werden.

Der Schnittpunkt S der beiden Grundwellen stellt den frühestmöglichen Zeitpunkt dar, während der Schnittpunkt der steileren Grundwelle, also der Muskelabkühlkurve, mit dem 100 %-Wert den spätestmöglichen Zeitpunkt anzeigt. Der gesuchte Todeszeitpunkt muß also in der Zeitspanne zwischen diesen zwei Punkten liegen.

Als nächstes soll die Lage des Todeszeitpunktes unter Berücksichtigung der erhaltenen Werte für die Lag period bestimmt werden.

Es wurde beobachtet, daß der Zeitpunkt des Todes bei Raumtemperatur durchschnittlich 1,9 Stunden vor dem Schnittpunkt der Lebergrundwelle mit der Abszissenparallele beim Wert 100 % liegt, bei einer Streuung von 1,05. Die Kenntnis der Streuung um den Mittelwert ist nun von großer Bedeutung. Es kann mit einer Wahrscheinlichkeit von 68,3 % angenommen werden, daß der gesuchte Punkt im Bereich der einfachen Streuung um den Mittelwert liegt. In der graphischen Darstellung (Abb. 13 a) bedeutet das, daß der Todeszeitpunkt im Abschnitt a vermutet werden kann, der sich beim Abziehen und Hinzurechnen der Streuung vom Mittelwert der Lag period der Leber ergibt. Es kommt in der Darstellung also ein Bereich von 2,1 Stunden für den Todeszeitpunkt in Frage.

Der Mittelwert ist jeweils als kleine senkrechte Linie in Höhe des 100 %-Wertes kenntlich gemacht.

Soll die Wahrscheinlichkeit, mit der der gesuchte Punkt in einem bestimmten Bereich liegt, erhöht werden, so kann zum Beispiel auch die doppelte Streuung um den Mittelwert berücksichtigt werden (Abb. 13 b).

Dabei erreicht man eine Wahrscheinlichkeit von 95,44 %, jedoch ist der hier in Frage kommende Abschnitt a wesentlich größer, nämlich 4,2 Stunden.

Beim Muskel wurde bei Raumtemperatur eine durchschnittliche Lag period von 1,3 Stunden festgestellt, bei einer Streuung von 1,06. Wird in der Zeichnung (Abb. 13 a) wieder der Bereich der einfachen Streuung um den Mittelwert für die Lage des Todeszeitpunktes erwogen, so ergibt sich der Abschnitt b über 2,12 Stunden.

Da aber gleichzeitig die Bedingungen seitens der Lag period des Muskels und der Leber erfüllt sein müssen, kommt nur die den Abschnitten a und b gemeinsame Strecke dafür in Frage, die nur 1,2 Stunden umfaßt. In der Zeichnung ist diese Strecke durch eine doppelte Linie auf der 100 %-Linie hervorgehoben.

Wird jedoch wieder die doppelte Streuung berücksichtigt, (Abb. 13 b) so ergibt sich eine Strecke b über 4,24 Stunden, wenn man die beobachteten Werte für die Lag period berücksichtigt. Hier ist der fragliche Punkt wieder auf der bei den Abschnitten a und b gemeinsamen Strecke zu suchen, die in diesem Fall 3,4 Stunden wäre.

In der Abb. 13 b liegt aber die "rechte" Grenze des fraglichen Bereiches zeitlich nach dem Schnittpunkt der Muskelgrundwelle mit dem Wert 100 %, so daß sich hier eine negative Lag period ergeben würde.

Abb. 13 a

Bestimmung der Todeszeit nach zweimaliger
Temperaturmessung an zwei Meßorten bei
Berücksichtigung der einfachen Streuung

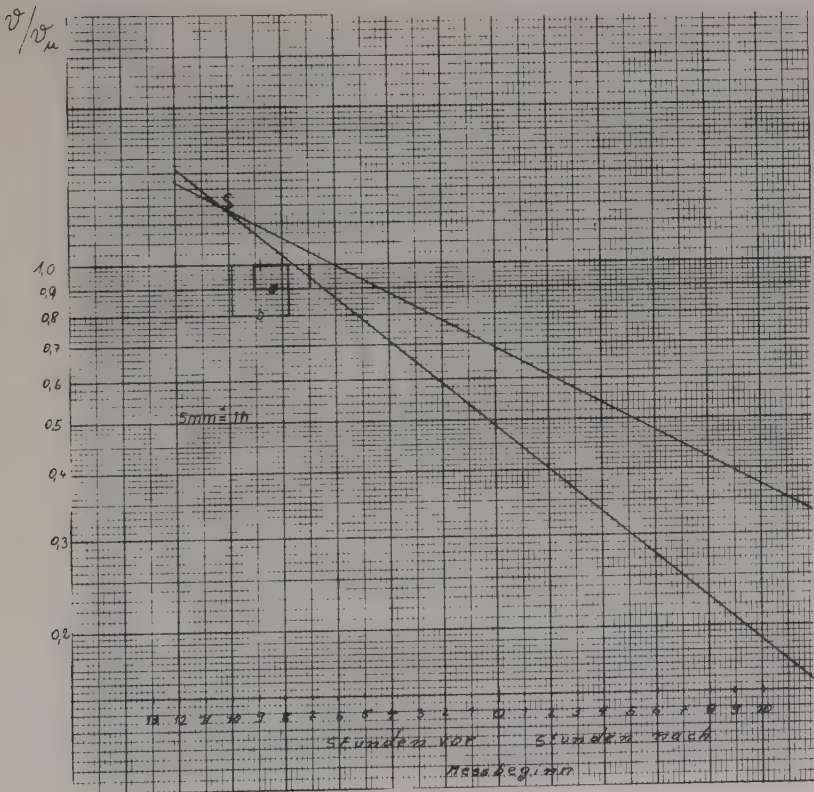


Abb. 13 b

Bestimmung der Todeszeit nach zweimaliger
Temperaturmessung an zwei Meßorten bei
Berücksichtigung der doppelten Streuung

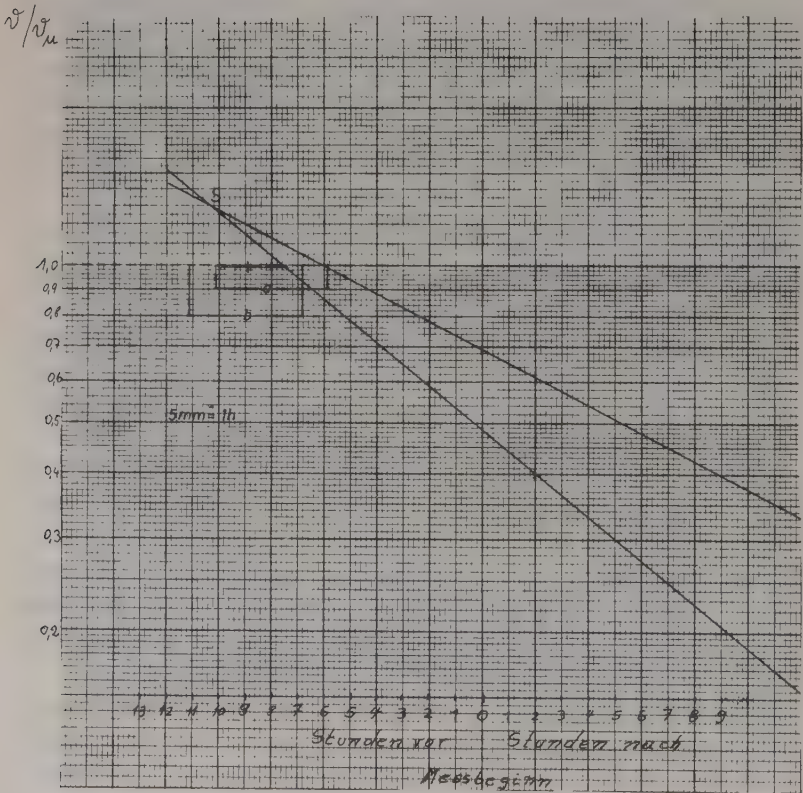


Abb. 14 a

Bestimmung der Todeszeit nach einmaliger Temperaturmessung an zwei Meßorten bei Berücksichtigung der einfachen Streuung

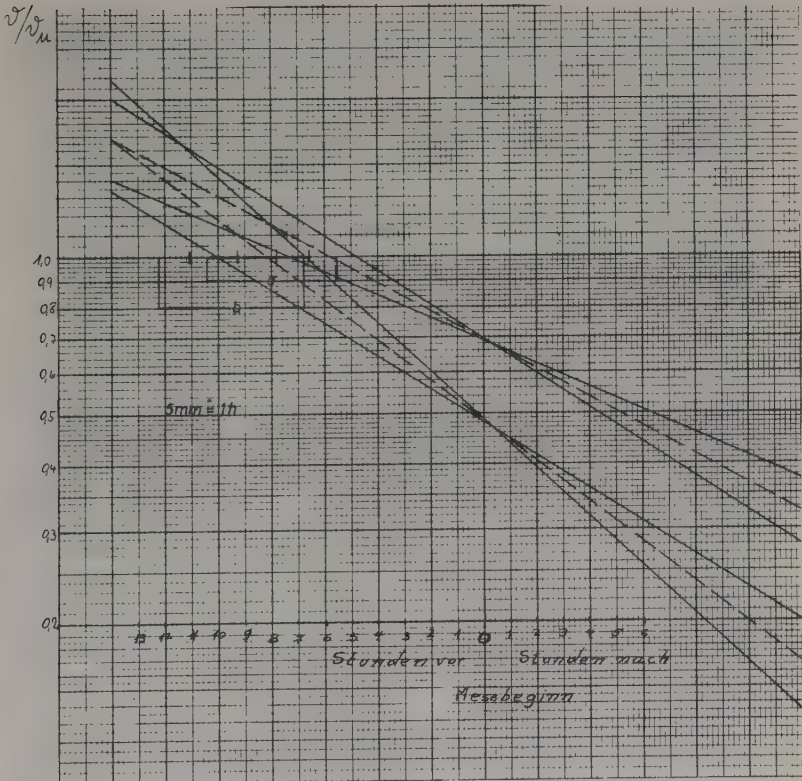
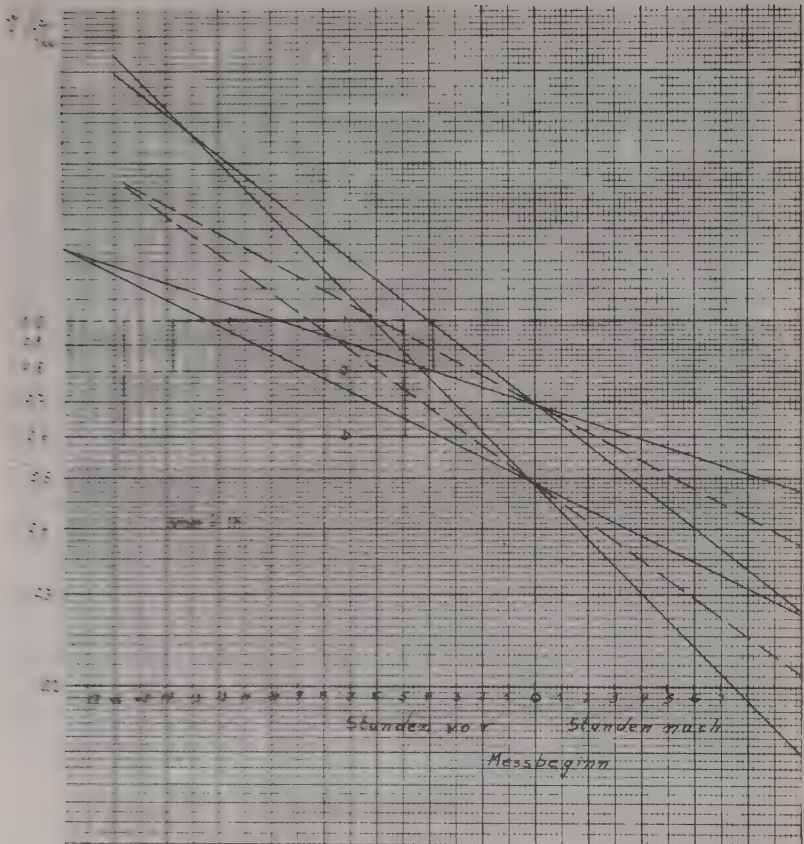


Abb. 14 b

Bestimmung der Todeszeit nach einmaliger Temperatur-
messung an zwei Meßorten bei Berücksichtigung der
doppelten Streuung



Da dieses aber unter normalen Bedingungen nicht der Fall sein kann, entfällt dieser Bereich rechts des Schnittpunktes, so daß sich ein Zeitintervall von 2,45 Stunden ergibt.

Eine weitere Einschränkung kann eventuell gemacht werden, wenn die vermutliche Todeszeit von der "linken" Grenze her erfaßt wird, also vom Schnittpunkt beider Grundwellen. Liegt die Projektion derselben auf der 100 %-Linie innerhalb des in Frage kommenden Bereichs, so kann der Abschnitt, der links dieser Projektion liegt, ebenfalls außer acht gelassen werden.

In den Abb. 13 a und 13 b ist dieses jedoch nicht der Fall, so daß hier keine Einschränkung gemacht werden kann.

Auf diese Weise, also durch wiederholte Messung der Temperatur der Leiche an zwei Orten mit unterschiedlichem Radius, bei gleichzeitiger Messung der Umgebungstemperatur, kann die Todeszeit mit recht großer Wahrscheinlichkeit in einer kurzen Zeitspanne vermutet werden. Voraussetzung hierfür ist natürlich, daß die Leiche keine größeren Schwankungen in ihrer Umgebungstemperatur und sonstigen Umweltbedingungen erfahren hat, und daß die Temperatur der Leiche bei Eintritt des Todes als annähernd normal angenommen werden kann.

- b) Soll nun die Todeszeit nach nur einmaliger Messung der Temperatur in der Leber und im Muskel bestimmt werden, so gestaltet sich die Ermittlung wesentlich schwieriger.

Durch die doppelte Messung und die Temperaturmessung der Umgebung erhält man zwar zwei Punkte bei der graphischen Darstellung, durch die die Grundwellen führen, die Steigung der Grundwellen ist jedoch nicht bekannt.

Das heißt also, daß bei der Zeichnung (Abb. 14 a und b) eine Kurvenschar berücksichtigt werden muß, die mit Hilfe des bekannten Mittelwertes und der Streuung der Abkühlrate festgelegt wird.

Es soll wieder angenommen werden, daß die Leiche bei normaler Umgebungstemperatur gelegen ist.

In diesem Fall beträgt die durchschnittliche Abkühlrate der Leber 0,0629 bei einer Streuung von 0,124, d.h. im Bereich der einfachen Streuung hat die steilste Kurve eine Steigung von 0,0753, die flachste Kurve eine Steigung von 0,0505 (Abb. 14 a).

Bei der doppelten Streuung liegt die Steigung der Kurvenschar zwischen 0,0876 und 0,0382 (Abb. 14 b).

Der Mittelwert der Steigungen der Muskelkurven beträgt 0,0891, die Streuung 0,0157. Die Steigung schwankt also bei ^{der} einfachen Streuung zwischen 0,0734 und 0,1048 (Abb. 14 a), bei der doppelten Streuung zwischen 0,0577 und 0,12052 (Abb. 14 b).

Nun wird zur Ermittlung der Todeszeit dasselbe Verfahren angewendet wie bei Abb. 13, das heißt, in der Zeichnung wird der Mittelwert und die einfache (Abb. 14 a) bzw. doppelte (Abb. 14 b) Streuung der Lag period eingezeichnet. Da aber eine ganze Kurvenschar hierbei berücksichtigt werden muß, ergibt sich ein viel weiterer Bereich für die gesuchte Todeszeit, es muß nämlich sowohl der Bereich, der sich für die Kurve der größten Streuung ergibt, berücksichtigt werden, als auch der, der sich für die Kurve der geringsten Steigung ergibt.

Dieser Bereich wurde folgendermaßen ermittelt:

Es wurde jeweils die mittlere Lage für die Lag period unter Annahme der Grundwelle mit der größten und mit der geringsten Steigung eingezeichnet. Die rechte Grenze dieses Bereiches ergab sich beim Hinzurechnen der Streuung zur Lag period der steilsten Grundwelle, die linke beim Abziehen der Streuung zur mittleren Lag period der Grundwelle mit der geringsten Steigung.

In den Abbildungen 14 a und b kommen also bei Berücksichtigung der Lag period der Leber jeweils die Abschnitte a, bei Berücksichtigung der Lag period des Muskels die Abschnitte b in Frage.

Hier kann wieder der Todeszeitpunkt nur auf der a und b gemeinsamen Strecke liegen, wobei weiterhin der Schnittpunkt der Muskelgrundwelle mit der größten Steigung mit dem 100 %-Wert als "rechte" Grenze angenommen werden kann.

In der Abb. 14 a ergibt sich also, daß der Todeszeitpunkt in einer Zeitspanne von 3,6 Stunden vermutet werden kann, in der Abb. 10 b in einer Zeitspanne von 6 Stunden.

In diesem Fall ist also die Angabe über die Lage des Todeszeitpunktes sehr viel ungenauer als bei der doppelten Messung an zwei Orten, bei der die Steigung der Grundwellen bekannt ist.

- c) Soll der Zeitpunkt des Todes nach nur einmaliger Messung an einem Meßort ermittelt werden, wie es in der Praxis meistens geübt wird, so wird eine noch längere Zeitspanne für die gesuchte Zeit angegeben.

Man erhält einen Punkt in der graphischen Darstellung, durch die eine Kurvenschar verläuft. Bei Anwendung des bereits bekannten Verfahrens, wird die Zeitspanne bestimmt, die für den Todeszeitpunkt in Frage kommt, mit Hilfe des bekannten Mittelwertes und der Streuung der Lag period.

Hierbei ist die Angabe der fraglichen Zeit am ungenauesten, die Zeitspanne erstreckt sich über viele Stunden.

Beim Vergleich der obigen Beispiele wird klar, daß durch mehrmaliges Messen der Leichentemperatur an zwei Meßorten unterschiedlichen Radius' viel genauere Angaben über den Zeitpunkt, in dem der Tod eingetreten sein muß, gemacht werden können als sonst in der Praxis.

Die Methode ist auch einfach und erfordert kaum Arbeitsaufwand.

Es muß nur darauf geachtet werden, daß die Leiche über den Zeitraum der Messung, also etwa zwei Stunden, in ihren Umgebungsbedingungen nicht wesentlich gestört wird.

V. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit sollte aufgrund der Untersuchungen über den Verlauf der Abkühlkurven von Leichen ein einfaches Verfahren für die Bestimmung des unbekannten Todeszeitpunktes in der Praxis ausgearbeitet werden. Hierfür standen die Meßprotokolle über die Abkühlung der Leber und des Muskels von ca. 40 Leichen der Arbeit von Y. Linsenhoff zur Verfügung.

Die Kurven wurden nach dem von Fiddes und Patten angegebenen Verfahren als relative Abkühlung logarithmisch gegen die Zeit aufgetragen.

Folgende charakteristische Werte der Kurven wurden untersucht:

1. Die virtuelle Abkühlzeit

Sie betrug in der Kälte für die Leber durchschnittlich 35,0 Stunden, Streuung 4,52, für den Muskel 23,3 Stunden, Streuung 2,8; in der Wärme war sie für die Leber 30,8 Stunden lang, Streuung 6,5, für den Muskel 21,9, Streuung 3,84.

2. Die Abkühlrate

In der Kälte betrug sie im Durchschnitt für die Leber 0,055, Streuung 0,0087, für den Muskel 0,0818, Streuung 0,0094; in der Wärme betrug sie für die Leber 0,0629, Streuung 0,0124, für den Muskel 0,0891, Streuung 0,0157.

3. Die Lag period

In der Kälte war sie für die Leber 3,8 Stunden lang, Streuung 1,66, für den Muskel 1,9 Stunden, Streuung 0,9; in der Wärme betrug sie für die Leber 1,9 Stunden, Streuung 1,05, für den Muskel 1,3 Stunden, Streuung 1,06.

4. Der Schnittpunkt der Leber- und der Muskelgrundwelle einer Leiche

Er stellt den frühestmöglichen Todeszeitpunkt dar, vorausgesetzt, daß die Abkühlung ungestört und ohne größere Umgebungsänderungen stattfand.

Er liegt durchschnittlich in der Kälte 2,5 Stunden vor dem Todeszeitpunkt, Streuung 1,8, in der Wärme 1,8 Stunden, Streuung 1,7.

5. Weiterhin wurde untersucht, ab wann die wahre Abkühlkurve von der "Grundwelle" hinreichend genau beschrieben wird, und ob eine "stochastische" Beziehung zwischen der Lag period und der Abkühlrate besteht, es wurde jedoch kein verwertbares Ergebnis erzielt.

Die Resultate hängen im wesentlichen vom Radius am Meßort ab, wie in der Theorie bereits von Sellier erkannt, so daß es nahe liegt, zur Bestimmung des Todeszeitpunktes an zwei Stellen mit unterschiedlichem Radius die Temperatur zu messen.

An einem Beispiel wurde in der graphischen Darstellung gezeigt, daß man bei zweimaliger Messung an zwei Meßorten, wobei man die Steigung der Grundwellen erhält, den vermutlichen Todeszeitpunkt mit einer Wahrscheinlichkeit von 68,3 % in einem Zeitraum von 1,2 Stunden annehmen kann.

Wird nur ein Mal die Temperatur an zwei Meßorten gemessen, so erhält man nicht die Steigung der Grundwellen; der Zeitraum, in dem der Todeszeitpunkt vermutet werden kann, wird daher wesentlich größer, er geht über 3,6 Stunden.

Entsprechend ungenauer ist die Bestimmung des Todeszeitpunktes bei einmaliger Messung an einem Meßort.

Literaturverzeichnis

1. DAVY, J.: Researches, Physiological and Anatomical, London 1, (1839)
2. FIDDES, F.S.
und PATTEN, T.D.: Journal of Forensic Medicine, 5, 1, (1958)
3. LINSSENHOFF, Y.: Untersuchungen zum Temperaturverhalten von Leichen bei verschiedenen Umgebungstemperaturen
4. MARSHALL, T.K.
und HOARE, F.E.: J. Forens. Sci. 7, 1. (1962)
5. MARSHALL, T.K.: J. Forens. Sci. 7, 2: (1962)
6. RICHTER, M.: Ärztliche Sachverständigen Zeitung, 20, (1914)
7. DE SARAM, G.S.W.
u.a.: J. Crim. Law, Criminol. Pol. Sci., 46 (1955/56)
8. DE SARAM, G.S.W.
u.a.: Journal of Forensic Medicine, 4. (1957)
9. SELIER, K.: Acta Medicinae Legalis et Socialis, 3 - 4, 9, (1958)
10. SEYDELER, R.: Vierteljahresschrift für die praktische Heilkunde, Prag, 104, 137 (1869)

11. SMITH, S.: Forensic Medicine, 17 ff., 8. Band,
London, (1943)
12. SMITH, S.: Meistens Mord (Aus den Erinnerungen
eines Gerichtsmediziners), Goverts,
Stuttgart (1961)
13. TAYLOR und
WILKS: Guys Hosp. Reports, 184 (1863)
Acta med. leg. et socialis
9, Nr. Spec. (1956)

LEBENS LAUF

Am 18. August 1947 bin ich als Tochter des Oberlehrers Richard STREITWIESER und der Ärztin Hertha Streitwieser geb. QUINCKE in Montevideo/Uruguay geboren.

Von 1954 bis 1962 besuchte ich die Grundschule und das Gymnasium der Deutschen Schule in Montevideo.

Von 1963 bis 1967 besuchte ich das Neusprachliche Gymnasium der Armen Schulschwestern v. U.L. Fr. am Anger in München, wo ich am 21. Juli 1967 die Hochschulreife erwarb.

Im November 1967 begann ich das Studium der Medizin an der Universität München. Am 9. Oktober 1968 habe ich die Naturwissenschaftliche Vorprüfung in München bestanden, am 21. Juli 1970 die Ärztliche Vorprüfung.

Am 17. Dezember 1973 habe ich in München mein Studium mit der Ärztlichen Prüfung abgeschlossen.

